

## ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE UM SISTEMA PARA LEVANTAMENTO DE PASSIVOS AMBIENTAIS EM RODOVIAS

Autores: Cristiano G. T. Silva<sup>1</sup>; Lucas M. S. L. Murta<sup>2</sup>; Pedro O. Barreto<sup>2</sup>; Rafael A. Glauss<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Professor da Universidade FUMEC

<sup>2</sup> Graduados do Curso de Engenharia da Universidade FUMEC

### RESUMO

O sistema rodoviário é, no Brasil, o principal meio de transporte de pessoas e de cargas. A construção de novas rodovias, ou a melhoria das existentes, busca atender à crescente demanda por desenvolvimento econômico e social de uma região. Mas, os projetos rodoviários e obras de engenharia em geral interferem no meio ambiente, gerando consequentemente passivos ambientais. O passivo ambiental é uma dívida relacionada a estes impactos causados pela execução da obra ou por terceiros, lindeiros à rodovia. Desta forma, o objetivo deste projeto foi a criação e a aplicação de um *software* intitulado SILPAR (Sistema de Informações para Levantamento de Passivos Ambientais em Rodovias) para apoiar e melhorar a determinação de soluções e custos para a recuperação das áreas comprometidas. Também foi realizada uma comparação entre metodologias de levantamento de passivos ambientais e o sistema desenvolvido para avaliar as características de registro e tratamento. Através desta comparação e da utilização do *software* em um estudo de caso foi possível constatar vantagens em utilizar um sistema unificado frente às outras metodologias abordadas.

*Palavras-chave:* Passivos ambientais, Projetos Rodoviários, Sistema de Informação.

### ABSTRACT

The road system in Brazil is the main mean for transporting people and cargo. The construction of new roads or the improvement of existing ones try to keep up with the growing demand for economic and social development of a region. But, road and engineering projects affect the environment, thereby generating environmental liabilities. The environmental liability is a debt related to impacts caused by implementation of ventures or by others in interaction with the roads, such as the vicinity inhabitants. Thus, this project aim the creation and implementation of a software named SILPAR (information system which can be applied for registering environmental liabilities in highways) to support and improve the determination of solutions and costs tied to the recovery of degraded areas. It was also performed a comparison of survey methodologies for environmental liabilities and the system designed to evaluate the registration characteristics and treatment. Through this comparison and use the software in a case study detected advantages in using a unified front of the other methods discussed.

*Key words:* Environmental Liabilities, Road Projects, Information Systems.

## 1- INTRODUÇÃO

Os projetos rodoviários e de engenharia interferem no meio ambiente gerando modificações onde a intensidade dessas interferências resulta em uma resposta do meio sobre a obra. Tais intervenções podem colocá-lo em risco, maior ou menor, dependendo basicamente da capacidade de resistência dos meios aos impactos das obras e dos cuidados preventivos propostos na fase de projeto com relação aos tipos de impactos potenciais associados ao empreendimento (SANCHEZ, 2013).

O controle ambiental em obras rodoviárias ocorre através do estabelecimento de medidas ambientais preventivas durante a execução do projeto ou corretivas após a implantação da rodovia (DERSP, 2007).

O termo passivo ambiental, sob o ponto de vista da engenharia rodoviária, é toda ocorrência decorrente de falhas de construção, restauração ou manutenção da obra rodoviária, ou ainda causada por terceiros ou por condições climáticas adversas, sendo capaz de atuar como fator de dano ou degradação ambiental à área de influência direta, ao corpo estradal ou ao usuário (DNER, 1999). Estas ocorrências geralmente são representadas por áreas degradadas pelo uso passado em obras, como assoreamentos, erosões, retenções de água em áreas exploradas ou na pista, deslizamentos, invasões da faixa de domínio, abertura de acessos irregulares, execução de bota-foras clandestinos, entre outras. A ocorrência de passivos ambientais em rodovias representa riscos ou prejuízos diretos ao patrimônio público e privado, além de prejudicar a própria manutenção e funcionamento da rodovia, comprometendo a segurança dos usuários, a qualidade de vida das comunidades lindeiras e a preservação dos recursos naturais (DNIT, 2006).

Segundo Malafaia (2004), um passivo ambiental corresponde toda e qualquer obrigação destinada única e exclusivamente a promover investimentos em prol de ações relacionadas à extinção ou amenização dos danos causados ao meio ambiente. Desta maneira, a determinação econômica dos passivos ambientais representa importante papel na gestão das organizações, contribuindo para a racionalização das ações a serem desenvolvidas nas diversas áreas (DNER, 1999), podendo também originar atitudes ambientalmente responsáveis e provocar a execução de medidas preventivas para evitar impactos ao meio ambiente, sendo que os consequentes efeitos econômico-financeiros dessas medidas é que geram o passivo ambiental (GALVES & AVÓ, 1999). Assim, na gestão ambiental de rodovias, que abrange as fases de planejamento, projeto, implantação, manutenção e conservação e tratamento das relações entre a rodovia e o meio ambiente, estuda-se, principalmente o meio físico como passivo ambiental. São analisados a retirada de solos, a indução a processos erosivos, a instabilidade de taludes, o rompimento de fundações, as escavações, os aterros, os empréstimos, os bota-foras, a degradação de áreas de canteiro de obras, as trilhas, os caminhos de serviço, o rebaixamento, o lençol freático, e o risco à qualidade de água superficial e subterrânea por concentração de poluentes (MALAFAIA, 2004).

O passivo ambiental é identificado através de vistorias de campo realizadas por equipe técnica habilitada, que percorre o trecho da rodovia estudada seguindo um roteiro de inspeções previamente definido com o auxílio de plantas topográficas, fotografias aéreas e outras informações pertinentes ao levantamento (DERSP, 2007).

Atualmente, diversas metodologias de levantamento e cadastro de passivos ambientais estão disponíveis e se aplicam a diferentes empreendimentos ou especificidades. Para o cadastro em rodovias, os diversos órgãos estaduais e federal utilizam suas metodologias próprias; porém, todas se embasam nas diretrizes apresentadas pelo Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT) em sua publicação

Manual para Atividades Rodoviárias Ambientais de 2006. O Sistema de Informação e Levantamento de Passivos Ambientais em Rodovias (SILPAR) é um sistema de informações desenvolvido para levantamento de passivos ambientais em rodovias, e também foi baseado na metodologia do DNIT (2006). Este *software* visa melhorar e facilitar a análise do passivo ambiental e a determinação de soluções e custos para recuperação das áreas comprometidas. A criação deste sistema de informações contempla as práticas de engenharia de *software* (PRESSMAN, 2011) para as atividades de especificação, projeto, implementação e testes.

Para o levantamento de passivos ambientais é necessário analisar vários fatores que determinam a incidência e o índice de gravidade sobre uma rodovia. A elaboração de metodologias diversas para este fim reflete nos interesses de cada proponente. Em função das características do projeto, condicionantes financeiros e responsabilidade ambiental, os órgãos assumem diferentes propostas para a caracterização de passivos ambientais.

Partindo-se então para a avaliação de metodologias mais complexas, como aquelas apresentadas pelo Banco Internacional de Desenvolvimento (BID, 2014) e DNIT (2006), percebe-se um grande número de variáveis que devem ser avaliadas durante o processo de cadastro. Condições de cobertura vegetal, agravantes condicionais como ocorrência de águas retidas, necessidade de apontamento de causas iniciais do passivo, entre outras, são características que, apesar de permitirem o entendimento completo dos problemas identificados, dificultam o trabalho de campo tornando o processo de levantamento extremamente difícil e demorado.

Diante disto, este projeto teve por objetivo realizar um estudo de metodologias empregadas para a avaliação de passivos ambientais, confrontando com o lançamento dos dados no sistema de informação SILPAR desenvolvido em projeto precursor deste.

## **2 – CONSTRUÇÃO DO *SOFTWARE***

O objetivo inicial desta pesquisa envolveu a elaboração de um *software* com recursos para registro, armazenamento e emissão de relatórios. A primeira fase de elaboração deste *software* envolveu o estudo no levantamento de passivos ambientais em rodovias. Para isso, foram utilizadas referências bibliográficas a fim de nortear a pesquisa e embasar os apontamentos relacionados às causas, impactos e recomendações para possíveis recuperações de áreas degradadas pelas obras rodoviárias.

Após o levantamento bibliográfico, foi realizado o desenvolvimento do sistema de informação para registro dos passivos ambientais, aplicando as práticas de engenharia de *software*. O SILPAR foi desenvolvido na plataforma *Delphi*, que possui as seguintes características:

- Construtor Visual de Interface com o Usuário
- Arquitetura Baseada em Componentes
- Compilador de Código Nativo de Alta *Performance*
- Biblioteca de Componentes Visuais
- Linguagem Orientada a Objetos
- Suporte à Tecnologia do Windows
- Depurador Gráfico
- Ambiente Personalizável
- Gerenciador de Projetos
- Assistentes
- Gerador de Relatórios

A ferramenta utilizada para criação do banco de dados foi o *Microsoft Access*, por permitir o desenvolvimento rápido de aplicações que envolvem tanto a modelagem e estrutura de dados como também a interface a ser utilizada pelos usuários.

Conforme exibido na figura 1, os casos de uso foram descritos para definir o escopo do sistema. Na Engenharia de *Software*, um caso de uso é um tipo de classificador representando uma unidade funcional coerente provida pelo sistema, subsistema, ou classe manifestada por seqüências de mensagens intercambiáveis entre os sistemas e um ou mais usuários. Pode ser representado por uma elipse contendo, internamente, o nome do caso de uso. Um caso de uso representa uma unidade discreta da interação entre um usuário (humano ou máquina) e o sistema (PRESSMAN, 2011).

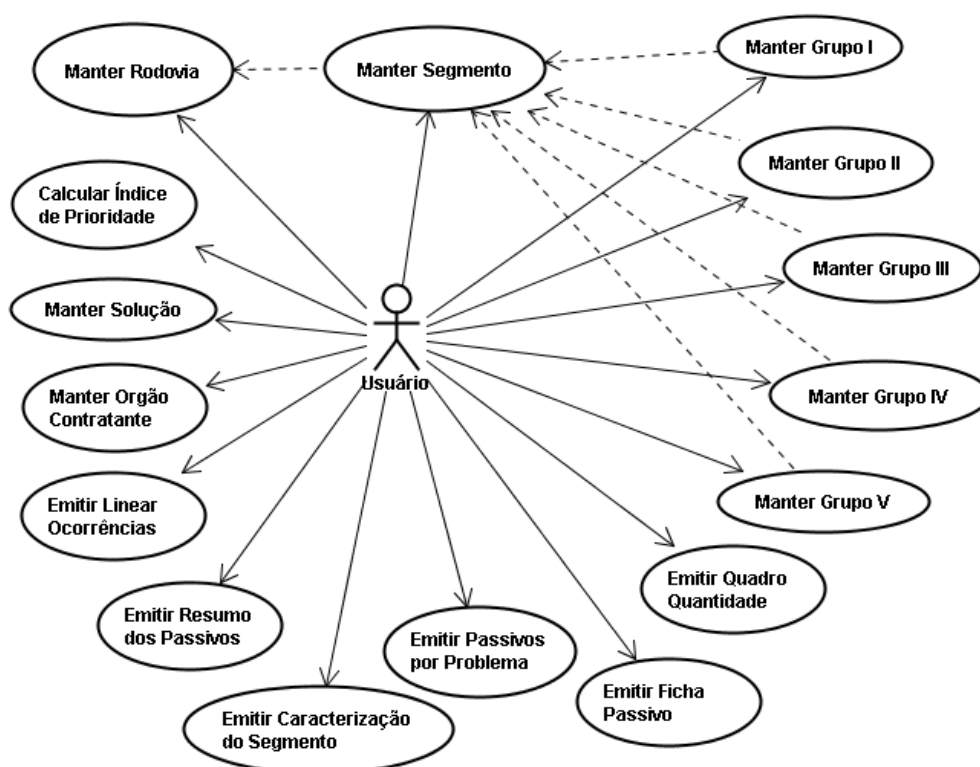


Figura 1: Diagrama de casos de uso  
Fonte: SILVA et al., 2008

Conforme a metodologia do DNIT (2006), o cadastro dos passivos ambientais aborda os grupos I a V:

- *Grupo I* - os passivos ambientais presentes no grupo I abrangem todos aqueles danos ambientais causados em função da instalação da rodovia (erosões, assoreamento, ravinamento, inundações, deslizamentos, etc). Tais danos são capazes de interferir negativamente tanto para o usuário da rodovia como para as comunidades de lindeiras.
- *Grupo II* - representa os passivos ambientais das áreas destinadas a apoio às obras e que, por algum motivo, não foram ambientalmente recuperadas. Estas áreas são registradas caso possuam potencial de interferência com a rodovia ou comunidades lindeiras.
- *Grupo III* - compreende o grupo dos passivos ambientais decorrentes de ações de terceiros, sendo de difícil identificação dos responsáveis causadores. São eles:

depósito de resíduos, exploração de materiais, loteamentos, indústrias, dentre outros.

- *Grupo IV* – compreende os passivos de interferência com núcleos urbanos.
- *Grupo V* – identificação de acessos irregulares e ocupação da Faixa de Domínio.

Além do cadastro dos passivos, a listagem das “ações ambientais propostas” facilita na realização da recuperação do problema.

O cadastro de cada segmento da rodovia deve ser feito visando consultas futuras do estudo realizado nas rodovias (MME, 2000). Cada cadastro deve ser realizado a partir do preenchimento dos seguintes campos adotados pelo sistema:

- Rodovia
- Segmento
- Relevo
- UF
- Número de faixas de rolamento
- Volume de tráfego
- Órgão contratante
- Tipo do pavimento da pista de rolamento
- Tipo do pavimento do acostamento
- Sistema de drenagem
- Condição da pista
- Tipo de solo
- Cobertura vegetal
- Precipitação
- Interesse estratégico
- Interesse socioeconômico
- Risco de dano ambiental

Apesar do sistema se basear na metodologia do órgão com maior autoridade no país, existe alguns estados que utilizam metodologias independentes de avaliação de passivos ambientais. Principalmente no que se refere à solução para tratamento dos passivos, vários departamentos de estrada de rodagem (DERs) se tornaram independentes. No SILPAR torna-se possível o cadastro de cada um dos departamentos estaduais que possuam critério de avaliação padronizado (SILVA et al., 2008). Vale ressaltar que, quando o DER contratante de determinado serviço não possuir seu próprio sistema de cadastro, deverá ser seguido o processo do DNIT (2006).

Após a criação do SILPAR, foram registrados os passivos ambientais de rodovias para análise e comparações de relatórios. Nesta fase, a participação da empresa parceira, Strata Engenharia, foi de grande relevância para o fornecimento de dados e orientações sobre as informações necessárias. A partir dos dados fornecidos, foi realizada a análise da rodovia MGC-383 que compreende do segmento do entroncamento com a BR-040 até o aeroporto do município de São João Del Rei.

### **3 - RESULTADOS**

#### **3.1 – Comparativo entre metodologias**

O segundo objetivo desta pesquisa foi realizar um comparativo entre metodologias para avaliar as características de registro e tratamento. Neste estudo foram comparadas as

metodologias de três órgãos públicos (DNIT, 2005; BID, 2014; DERBA, 2014) e o sistema desenvolvido SILPAR (SILVA et al., 2008). Apesar deste último ter se baseado na metodologia do DNIT, algumas modificações foram realizadas para promover uma melhor abrangência e eficiência dos dados recolhidos. Assim, considerá-lo como outra metodologia é válida para fins de comparação e por se justificar nas suas diferenças de caracterização do passivo ambiental sobre as demais metodologias escolhidas.

A escolha das metodologias e dos itens de comparação foi realizada através de entrevistas com engenheiros de uma empresa especializada no levantamento e tratamento de passivos ambientais em rodovias. Diante das percepções dos participantes foi possível elaborar um comparativo, conforme a tabela 1.

<b>Metodologia</b>	<b>Velocidade de preenchimento</b>	<b>Especificidade das ocorrências</b>	<b>Versatilidade</b>	<b>Redução de retrabalho</b>
DNIT	Ruim	Excelente	Excelente	Ruim
BID	Ruim	Boa	Razoável	Ruim
DERBA	Excelente	Ruim	Nenhuma	Razoável
SILPAR	Razoável	Excelente	Excelente	Excelente

Tabela 1: Resumo comparativo entre as metodologias

As metodologias que realmente incorporam a necessidade de caracterização completa dos passivos ambientais terão como principal dificuldade o grande dispêndio de tempo para preenchimento de suas planilhas. Este fato não é diferente quando se utiliza o SILPAR como metodologia para tal caracterização.

Baseado na metodologia DNIT com algumas sutis modificações em condições de cadastro analisadas como ineficientes pelo grupo executor do SILPAR, e por profissionais do ramo da engenharia ambiental rodoviária, este *software* possui basicamente os mesmos campos a serem apontados e, portanto, incorre no problema de requerer muito tempo de cadastro. Também pode-se perceber que o DERBA apresenta maior velocidade no preenchimento devido à necessidade de menos características do passivo ambiental, mas, deixa a desejar nos demais itens avaliados.

A especificidade corresponde a como os cadastros elaborados durante os levantamentos de campo correspondem com a realidade. Quanto maior o volume de informações relevantes solicitadas pela metodologia melhor caracterizada fica o passivo levantado e, conseqüentemente, a proposição de intervenções de reabilitação.

A versatilidade é refletida pela capacidade de uma metodologia de se adaptar a novas propostas, podendo ser utilizada em levantamentos ambientais que extrapolam o objetivo inicial pelo qual foram desenvolvidas. Devido à complexidade e ao volume de dados solicitados as metodologias DNIT e SILPAR se destacam neste quesito, assim como no anterior.

Finalmente, no quesito redução do retrabalho, no qual foram avaliados o tempo e esforço despendido para elaboração dos relatórios finais solicitados pelos órgãos observou-se, por motivos lógicos, que o SILPAR é o único que reduz a necessidade de retrabalho. Este valor foi avaliado considerando-se que ainda não existem planilhas automatizadas para nenhuma das metodologias apresentadas neste estudo, com exceção do SILPAR.

### 3.2 – Estudo de caso

O sistema desenvolvido foi aplicando em um estudo de caso dos projetos realizados na rodovia MGC-383. O SILPAR armazenou todos os dados e imagens registradas, além

de fornecer as devidas informações necessárias para a análise do processo de levantamento e soluções para correções e prevenções. Os lançamentos e relatórios foram organizados da seguinte maneira dentro do sistema:

1. Manter Órgão Contratante: cadastro de órgão contratante e suas soluções com previsão de gastos.
2. Manter Solução: cadastro das soluções disponíveis.
3. Manter Rodovia: cadastro das rodovias.
4. Manter Segmento: cadastro dos segmentos rodoviários com dados de levantamento.
5. Manter Grupo I: cadastro de problemas ocorrentes internamente à faixa de domínio e áreas adjacentes.
6. Manter Grupo II: cadastro referente às áreas exploradas e bota-foras.
7. Manter Grupo III: cadastro de problemas decorrentes de ações de terceiros.
8. Manter Grupo IV: cadastro de interferências com aglomerações urbanas e/ou equipamentos urbanos.
9. Manter Grupo V: cadastro de acessos irregulares e ocupações da faixa de domínio.
10. Calcular Índice de Prioridade: processamento para obtenção do índice de prioridade para um segmento.
11. Emitir Ficha de Passivos: relatório dos passivos ambientais de um segmento.
12. Emitir Passivos por Problema: relatório da quantidade de passivos por problema.
13. Emitir Caracterização do Segmento
14. Emitir Linear de Ocorrências: relatório com a linha do segmento com as identificações de passivos por km.
15. Emitir Quadro de Quantidades.
16. Emitir Resumo dos Passivos.

O SILPAR suporta o registro dos passivos ambientais através dos grupos de classificação que retratam as ocorrências identificadas como problemas ambientais decorrentes da implantação da rodovia (Grupo I), antigas áreas de uso para apoio às obras (Grupo II), decorrentes da ação de terceiros (Grupo III), interferência com núcleos urbanos (Grupo IV) e acessos irregulares e ocupação da Faixa de Domínio (Grupo V). Através da figura 2 é possível observar a principal tela de lançamento de um segmento, bem como as opções para lançamentos dos grupos.

Figura 2: Tela de cadastro de um segmento

Fonte: SILVA et al., 2008

Após levantamento e registro dos passivos ambientais, os seguintes relatórios são gerados:

- Caracterização do segmento;
- Linear de ocorrência;
- Ficha de passivos;
- Passivo por problema;
- Quadro de quantidades.

Além disso, um *resumo de passivos* ambientais é gerado, no qual são registrados todos os cadastros levantados com suas respectivas imagens e o custo financeiro em reais para a reabilitação de todos os problemas.

#### **4 - CONCLUSÃO**

Através do SILPAR, as análises dos passivos ambientais são realizadas com maior rapidez e eficiência, pois a utilização de um sistema de informações eletrônico diminui a quantidade de listas a serem preenchidas em campo e/ou escritório, além de disponibilizar informações homogêneas referentes ao levantamento realizado, incluindo os custos das soluções de recuperação.

A elaboração e aplicação de um sistema de informações capaz de registrar os dados de passivos ambientais e emitir informações do levantamento, incluindo os custos das soluções de recuperação, auxiliam o profissional no levantamento e na análise de passivos ambientais de rodovias.

A sugestão da adoção deste sistema para registro dos passivos ambientais em rodovias possibilitaria a padronização do levantamento dos problemas e, principalmente, a utilização de uma base de dados única para análise de passivos ambientais e levantamento histórico da evolução das ocorrências e dos tratamentos aplicados. Além disso, o sistema poderia ter vínculos com outros sistemas para apoio à análise das áreas com impactos ambientais.

Dentre as metodologias estudadas, aquela que mais se aproxima do ideal de cadastro moderno é o SILPAR que, baseada na metodologia DNIT, associa informações pertinentes à velocidade de cadastro e emissão de relatórios.

É possível que, se forem associadas porções da metodologia BID ao *software* de cadastro, sejam percebidos vários ganhos, principalmente, no tocante à caracterização dos passivos e identificação causal, melhorando os resultados finais dos relatórios apresentados. Porém, a homogeneização dos cadastros a nível nacional exigiria a intervenção de órgãos federais e a adaptação de *softwares* integrados via Internet.

#### **5 - BIBLIOGRAFIA**

BID. Departamento de Infra-estrutura de Transportes do Estado do Espírito Santo. Edital de Serviços: Projeto de Reabilitação e Melhorias de Rodovias do Espírito Santo II (Programa BID II Revisado). Espírito Santo, 2014.

DERBA. Departamento de Infra-estrutura de Transportes da Bahia. Solicitação de Propostas: Projeto Integrado de Gerenciamento das Rodovias Estaduais da Bahia. Bahia: DER/BA, 2014.

DERSP. Departamento de Estradas e Rodagem. Levantamento e Cadastro de Passivos Ambientais. São Paulo: DER/SP, 2007.



DNER. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários. Rio de Janeiro: DNER, 1999.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Manual para Atividades Rodoviárias Ambientais. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

GALVES, M. L.; AVÓ, A. M. Investigação do passivo ambiental de rodovias por meio de indicadores de impacto. Seminário Nacional sobre a Variável Ambiental em Obras Rodoviárias, 1999, Foz do Iguaçu. Anais, 1999. v.1. p.329-333.

MALAFAIA, R. M. S. Passivo Ambiental: Mensuração, Responsabilidade, Evidenciação e Obras Rodoviárias. IX SINAOP. Rio de Janeiro: TCE-RJ, 2004.

MME. Ministério de Minas e Energia. Departamento de Engenharia e Meio Ambiente. Passivos Ambientais. Rio de Janeiro: MME, 2000.

PRESSMAN, R. Engenharia de Software. 7 ed. São Paulo: Macgraw Hill, 2011, 776 p.

SANCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos . 2ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013, 563 p.

SILVA, C. G. T.; MURTA, L. M. L. S; BARRETO, P. O.; GLAUSS, R. A. Elaboração e Aplicação de um Sistema Especialista para Levantamento de Passivos Ambientais em Rodovias. Belo Horizonte: Universidade FUMEC, 2008.